



**Sektor- og samfundsøkonomisk vurdering af 3 scenarier for en udvidet dansk
produktion og raffinering af biomasse
baggrundsnotat**

Jacobsen, Lars Bo; Jensen, Jørgen Dejgård

Publication date:
2012

Document version
Også kaldet Forlagets PDF

Citation for published version (APA):
Jacobsen, L. B., & Jensen, J. D. (2012). *Sektor- og samfundsøkonomisk vurdering af 3 scenarier for en udvidet dansk produktion og raffinering af biomasse: baggrundsnotat*. Fødevareøkonomisk Institut, Københavns Universitet. http://www.foi.life.ku.dk/Publikationer/specielle_FOI-udgivelser/10miotons.aspx

BAGGRUNDSNOTAT:

Sektor- og samfundsøkonomisk vurdering af 3 scenarier for en udvidet dansk produktion og raffinering af biomasse

Lars-Bo Jacobsen og Jørgen Dejgård Jensen,

Fødevareøkonomisk Institut, Det Natur- og Biovidenskabelige Fakultet, Københavns
Universitet

2012



+ 10 MIO. TONS PLANEN

muligheder for en øget dansk produktion
af bæredygtig biomasse til bioraffinaderier



Sammendrag

En forøgelse af biomasseproduktionen fra jordbruget og skovbruget samt en inddragelse af hidtil uudnyttet biomasse til bioraffinering vil kunne have konsekvenser for økonomi og beskæftigelse. Der vil være tale om såvel direkte effekter i umiddelbart berørte sektorer som jordbrug, skovbrug og bioraffinaderier, men der kan også være tale om afledte effekter gennem disse sektors efterspørgsel efter råvarer og andre inputs fra andre industrier.

Der er gennemført økonomiske vurderinger for tre alternative scenarier for udviklingen af en biomasse-sektor i Danmark: et *business-as-usual* (BAU) scenario, et *biomasseoptimeret* scenario, samt et *miljøoptimeret* scenario.

Der er forudsat fire kilder til fremskaffelse af biomasse

- omlægning af den egentlige planteproduktion, fx omlægning af afgrødesammensætning, efterafgrøder mv.
- indsamling af eksterne biomasseressourcer (vejrabatter, grødeskæring osv.)
- biomasse i husdyrgødning
- øget produktion af biomasse fra skovbruget

Produktionsomkostninger i de primære erhverv

Der er udført beregninger af de ekstra omkostninger i tre biomassescenarier i landbrug og skovbrug, defineret som summen af omkostninger til gødning, pesticider, energi, tjenesteydelser, maskiner og arbejdskraft (inklusiv brugerens egen arbejdsindsats) i de relevante driftsgrene (fortrinsvis raps, sukkerroer, energipil, vedvarende græs og korn). De samlede ekstra produktionsomkostninger for landbrug og skovbrug beløber sig til mellem 3,5 og 5,7 mia. kr. årligt, afhængig af scenario. Beregningerne viser, at omkostningerne til høst af hidtil uudnyttede biomasseressourcer (ekstern biomasse), som fx høst af permanente græsarealer i lavbundarealer og vejrabatter, grødeskæring mv. udgør en stor del af omkostningerne i alle tre scenarier. I det biomasse-optimerede scenario forudsættes at ske en betydelig omlægning af korn- og rapsarealer til sukkerroer, hvor omkostningerne pr. hektar er noget større end for korn, mens der i det miljøoptimerede scenario sker en betydelig omlægning til energipil, hvor omkostningsniveauet pr. hektar er en smule lavere end for korn.

Samfundsøkonomiske konsekvenser

Afledte effekter af de tre biomassescenarier på den øvrige økonomi er analyseret ved hjælp af en såkaldt input-output model for dansk økonomi. Udover omkostninger til selve biomassen forbruger bioraffineringssektoren også en række andre råvarer og halvfabrikata og tjenesteydelser, herunder enzymer, vand, energi og transportydelser. Bioraffinaderiernes omkostninger til råvarer, halvfabrikata og tjenesteydelser er således opgjort til mellem 8,5 mia. kr. (for BAU-scenariet) og 16 mia. kr. (for det

biomasse-optimerede scenario) årligt, mens det for det miljøoptimerede scenario er i størrelsesordenen 11-12 mia. kr., hvoraf ca. 90 procent kommer fra indenlandske leverancer.

Bioraffinaderiernes efterspørgsel genererer ud over produktion også en afledt beskæftigelse. Beskæftigelseseffekten vurderes at ligge mellem knap 13.000 og knap 22.500 personer i de tre scenarier, heraf mellem ca. en tredjedel og halvdelen i landbrug, fiskeri og råstofindvinding (inklusive skovbrug).

Bioraffinaderiernes inputefterspørgsel fører endvidere til en afledt indkomstskabelse i den øvrige økonomi. Det vurderes, at de tre scenarier fører til en afledt bruttofaktorindkomst på mellem 5,9 og 10,8 mia. kr. Som for beskæftigelsen skabes den største indkomst også her i landbrug, fiskeri og råstofudvinding. Dog er disse sektors relative bidrag her noget mindre end for beskæftigelsen.

De samfundsøkonomiske beregninger medtager ikke de tilpasninger der vil ske i den øvrige økonomi. Disse tilpasninger kan fx evalueres ved inddragelse af mere avancerede økonomiske modelværktøjer, som fx generelle ligevægtsmodeller, hvor bioraffinaderier inkluderes på lige fod med andre sektorer i den danske økonomi. Dette vil dog kræve et mere præcist datamateriale vedrørende produktionsteknologien og markedet for raffinerede produkter end det har været muligt at opstille i forbindelse med nærværende analyse. Fremskaffelse af troværdige data for den fremtidige bioraffineringssektor vil muliggøre en eksplicit modellering af bioraffineringssektoren i fx en generel ligevægts- (CGE-) model for den samlede danske økonomi. Dette vil potentielt muliggøre analyser hvor produktionen fra bioraffinaderierne konkurrer med fossilt baseret sektorer, ligesom betydningen af salgspriser og eventuelle subsidier kan vurderes. Ligeledes kan effekten for Danmarks udledning af drivhusgasser analyseres, hvor der eksplicit tages hensyn til tilpasninger i den øvrige økonomi.

1. Indledning

Internationalt er der betydelig opmærksomhed omkring biobaseret økonomi, hvor den økonomiske aktivitet i højere grad bygger på løbende biomasseproduktion frem for udnyttelse af fossile ressourcer (OECD, 2009, Khanna et al., 2010). En stor del af denne opmærksomhed kredser om de mulige perspektiver heri og den miljømæssige bæredygtighed, mens der kun er forholdsvis få egentlige kvantitative vurderinger af økonomiske konsekvenser og perspektiver (Dale & Kim, 2008).

I december 2011 indgik Københavns Universitet, Aarhus Universitet og DONG Energy en aftale omkring lancering af konkrete initiativer indenfor forskning og uddannelse i grøn energi, herunder hvordan Danmark kan producere yderligere biomasse til nonfood formål, uden at det går ud over produktionen af fødevarer og foder eller miljøet. Visionen i sidstnævnte er at øge produktionen og udnyttelsen af biomasse med 10 mio. tons årligt. Visionen er beskrevet i Gylling et al. (2012).

En forøgelse af biomasseproduktionen i dansk landbrug og skovbrug vil indebære omkostninger for de direkte berørte primær-sektorer, dels i kraft af egentlige produktionsomkostninger knyttet til biomasseproduktionen, og dels i kraft af omkostninger forbundet med de tilpasninger, som skal til for at muliggøre den øgede biomasseproduktion. Opbygningen af en bioraffineringssektor i Danmark vil desuden

medføre afledte aktivitetsvirkninger i den danske økonomi gennem raffinaderi-sektorens efterspørgsel efter input.

Formålet med nærværende undersøgelse og rapport er at belyse nogle økonomiske perspektiver i relation til visionen om en væsentlig forøgelse af den danske biomasseproduktion til nonfood formål, herunder belysning af omkostningerne forbundet med en sådan væsentlig forøgelse af biomasseproduktionen, samt belysning af nogle afledte økonomiske konsekvenser for produktionsværdi, indtjening og beskæftigelse i forskellige dele af samfundsøkonomien. Omkostningsberegningerne vedrører alene omkostninger vedrørende ændret landbrugsdrift og indhøstning af hidtil uudnyttede biomasseressourcer, mens der ikke er foretaget sektorøkonomiske omkostningsberegninger i relation til biomasseproduktion fra skovbrugssektoren. I de samfundsøkonomiske beregninger er der dog taget hensyn til biomassebidraget fra både landbrug og skovbrug.

2. Beregningsmetode, scenarier og datagrundlag

2.1 Beregningsmetode

De økonomiske beregninger er delt op i to afdelinger – dels sektorøkonomiske omkostningsberegninger vedrørende en markant forøgelse af den danske biomasseproduktion i dansk landbrug, og dels samfundsøkonomiske beregninger af afledte effekter på produktion, indtjening og beskæftigelse.

Sektorøkonomiske beregninger er gennemført med udgangspunkt i en beregningsmodel, som bygger på data fra Danmarks Statistiks Landbrugsregnskabsstatistik. I modellen tages der hensyn til forskellige produktionsomkostninger (fx udsæd, kunstgødning, kemikalier, energi, arbejdskraft og kapitalindsats) i forbindelse med dyrkning af afgrøder egnet til biomasseproduktion, fx raps, sukkerroer eller energipil, samt til sparede omkostninger i forbindelse med de afgrødearealer (navnlig kornafgrøder), som fortrænges til fordel for biomasseafgrøder.

De *samfundsøkonomiske beregninger* er udført med en standard input-output model for dansk økonomi og foretages under følgende antagelser:

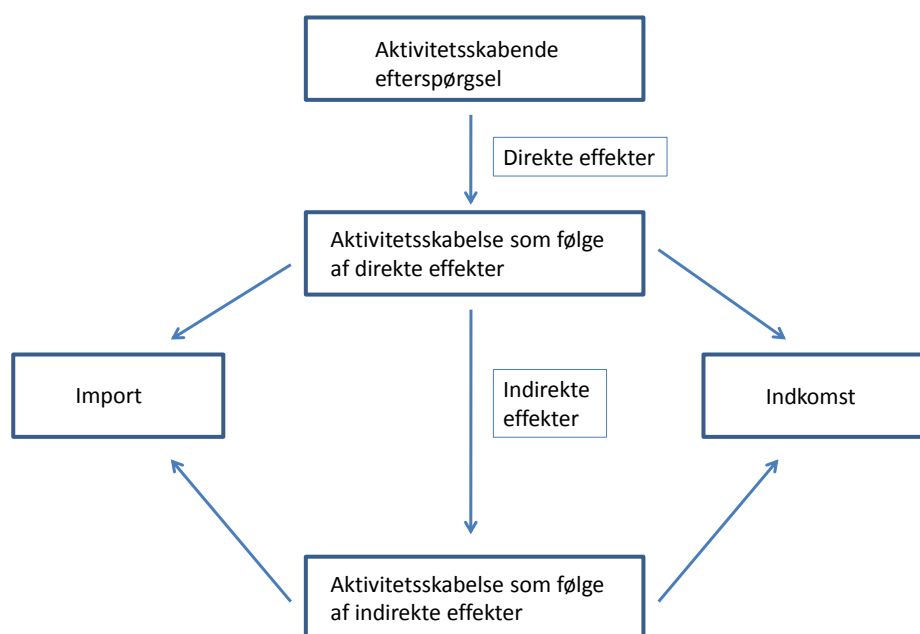
- Der er ledig kapacitet i den øvrige økonomi således at bioraffineringssektorens efterspørgsel ingen effekt har på inputpriserne, herunder løndannelsen.
- Beregningerne måler den isolerede effekt - der fortrænges ingen anden produktion.
- Indkomstdannelsen i selve bioraffineringssektoren er udeladt af analysen.

Beregningerne medtager således ikke de tilpasninger der normalt ville ske i den øvrige økonomi, som følge af bl.a. løn- og pristilpasninger og om-allokering af knappe produktionsfaktorer. I en situation med betydelig arbejdsløshed og ledig produktionskapacitet kan input-output modellens forudsætninger være tilnærmelsesvis rigtige. På længere sigt må man dog forvente, at en øget ressourceanvendelse i bioraffinaderisektoren vil begrænse produktionsmulighederne i andre sektorer. Disse tilpasninger kan fx evalueres ved inddragelse af en generel ligevægts (CGE) modelanalyse, hvor bioraffinaderier inkluderes på

lige fod med andre sektorer i den danske økonomi. Dette vil dog kræve et mere præcist datamateriale vedrørende bioraffinaderisektorens anvendelse af arbejdskraft og kapital end det har været muligt at opstille i forbindelse med nærværende analyse.

Beregningerne af en fremtidig bioraffinaderisektors isolerede betydning for indkomst, beskæftigelse og produktion tager udgangspunkt i en input-output model. Modellens datagrundlag stammer fra en input-output tabel, hvor dansk økonomi er opdelt i 130 erhverv. Bioraffinaderisektorens isolerede bidrag til aktivitetsskabelsen i den danske økonomi kan deles op i *direkte* effekter og *indirekte* effekter. Aktivitetsskabelsen er illustreret i figur 2.1¹. I første omgang skaber bioraffinaderierne direkte effekter i de erhverv, der leverer de efterspurgte varer og tjenester. Fx vil en efterspørgsel på 1 mio. kr. resultere i en *direkte* produktionseffekt på 1 mio. kr. i de implicerede erhverv. For at de erhverv, der nyder godt af de direkte effekter, kan levere den ønskede produktion, har de brug for yderligere input fra en række andre erhverv, hvorved de *indirekte* effekter skabes. Fx vil forbrug af enzymer skabe en *direkte* produktion i kemisk industri, men der skabes yderligere *indirekte* effekter, da kemisk industri behøver leverancer fra de øvrige erhverv. Derfor vil en efterspørgsel på 1 mio. kr. altid resultere i en samlet produktion, der er større end 1 mio. kr.

Figur 2.1. Bioraffinaderisektorens isolerede aktivitetsskabelse



Forholdet mellem den *direkte* effekt og den samlede effekt $\frac{\text{Direkte} + \text{indirekteeffekt}}{\text{Direkteeffekt}}$ kaldes en output multiplikator af type 1 og måler den samlede effekt på produktionen for hver forbrugt kr. Som det fremgår af figuren, vil en del af produktionen blive tilfredsstillet ved hjælp af importerede varer, og derfor gælder, at jo større importindholdet er, jo mindre bliver de *indirekte* effekter. Som illustreret i figuren beregnes

¹ En matematisk gennemgang findes i appendiks A

også effekten på indkomsten gennem erhvervenes udgifter til lønninger, brutto-overskud af produktion samt skatter og afgifter. Input-output modellen har endvidere tilknyttet oplysninger om beskæftigelse, hvorfor bioraffinaderiernes isolerede effekt på den samlede beskæftigelse også kan beregnes.

2.2 Tre scenarier for den fremtidige danske biomasseproduktion

Aarhus Universitet og Københavns Universitet (Bentsen et al. (2012)) har i fællesskab opstillet 3 scenarier for frembringelse af biomasse fra landbrug og skovbrug: Business-as-Usual (BAU), et biomasseoptimeret samt et miljøoptimeret scenario, jf. tabel 2.1.

Tabel 2.1. Produktion af biomasse, mio. tons tørstof

	BAU	Biomasse- optimeret	Miljø- optimeret
Biomasse fra landbrug			
Udnyttelse af halm til energi	1,08	1,54	1,29
Frøgræshalm	0,32	0,32	0,32
Permanent græs på lavbund	0,26	0,50	0,19
Grødeskæring	0,00	0,01	0,01
Vejrabatter	0,00	0,01	0,01
Efterafgrøder	0,00	0,49	0,39
Husdyrgødning	2,38	2,38	2,26
Omlægning af landbrugets afgrødevalg	0,18	4,32	3,33
Fra landbrug i alt	4,22	9,57	7,79
Fra skovbrug	0,73	1,48	0,89
I alt	4,95	11,05	8,68

I Business-as-Usual scenariet forudsættes ingen egentlige omlægninger af produktionen, men at den generelle forventede produktivitetsudvikling i planteproduktionen, i form af stigende høstudbytter pr hektar, kan muliggøre frigørelse af landbrugsarealer som kan udnyttes til biomasseproduktion (energiraps og -pil), samtidig med at den nuværende landbrugsproduktion opretholdes. Der forudsættes endvidere en øget udnyttelse af halm og husdyrgødning i dette scenario, og disse bidrag vurderes tilsammen at kunne udgøre en øget biomasseproduktion på ca. 4.2 mio. tons. Hertil kommer en udbyttestigning i skovbruget på ca. 0.7 mio. tons, hvorved den samlede stigning i biomasseproduktionen i BAU scenariet vurderes at kunne blive i størrelsesordenen 5 mio. tons årligt. Tabel 2.2 viser de implicerede arealændringer i forbindelse med omlægning af landbrugets afgrødevalg i de tre scenarier.

Tabel 2.2 Forudsatte arealtilpasninger i landbruget, 1000 ha

	Business as usual	Biomasse- optimeret	Miljø- optimeret
Raps	56,0	-17,0	-81,0
Energipil	7,4	81,0	230,0
Sukkerroer		149,0	
Ændring i landbrugsareal	0	0,0	-28,6

I det "biomasse-optimerede scenario" forudsættes en række tiltag, som har til formål at optimere biomasse-potentialet i landbrugs- og skovbrugsproduktionen. Sammenlignet med BAU-scenariet er der således tale om en intensiveret udnyttelse af efterafgrøder og græs fra lavbundsjord, udnyttelse af biomasse fra grødeskæring og slåning af vejrabatter, en øget produktion af efterafgrøder samt mere omfattende omlægninger af afgrødesammensætningen, i retning af sukkerroer og energipil, til dels på bekostning af raps og korn. Tilsammen vurderes disse tiltag at kunne medføre en biomasseproduktion fra landbruget på ca. 9,5 mio. tons. Hertil kommer effekter af en øget intensivering af biomasseproduktionen i skovbruget, som vurderes at kunne give en stigning i skovbrugets biomasseproduktion på ca. 1,5 mio. tons, sammenlignet med den nuværende produktion. Den samlede biomasseproduktion vil i det biomasse-optimerede scenario således kunne øges med ca. 11 mio. tons årligt.

En forudsætning bag det "miljø-optimerede" scenario er, at en stigning i biomasseproduktionen kan ske på en miljømæssigt bæredygtig måde, hvilket blandt andet indebærer hensyntagen til følsomme lavbundsarealer og mindst muligt pesticidforbrug. I forhold til det biomasse-optimerede scenario forudsættes således en mindre udnyttelse af efterafgrøder og græs fra lavbundsjord, og at landbrugsarealer i højere grad omlægges til energipil end til relativt pesticidkrævende sukkerroer. Samlet vurderes disse tiltag i landbrugssektoren at kunne føre til en stigning i biomasseproduktionen på ca. 7,8 mio. tons. Hertil kommer et bidrag fra skovbruget på ca. 0,9 mio. tons, så den samlede biomasseproduktion kan komme op på ca. 8,7 mio. tons.

3. Sektorøkonomiske konsekvenser af tre biomasse scenarier

Der er lavet beregninger af landbrugsmæssige omkostninger i forbindelse med de tre ovennævnte scenarier. I forhold til disse beregninger er der sondret mellem tre forskellige kilder til biomasse

- omlægning af den egentlige afgrødeproduktion, fx omlægning af afgrødesammensætning, efterafgrøder mv.
- indsamling af eksterne biomasseressourcer (vejrabatter, grødeskæring osv.)
- biomasse i husdyrgødning

Omkostningerne ved den førstnævnte biomassekilde vedrører omkostninger til omlægning af den egentlige planteproduktion, hvor arealer tages fra én driftsgren og anvendes til en anden driftsgren. I den forbindelse er der dels direkte omkostninger ved dyrkning af de pågældende biomasseafgrøder (såning, gødning, bekæmpelsesmidler, arbejds- og kapitalindsats), men der er også alternativ-omkostninger i relation til det areal, som er anvendt til biomasseproduktionen, og som alternativt kunne have givet afkast i en alternativ produktion, fx korn til foder.

Tabel 3.1 angiver omkostninger pr. hektar i udvalgte vegetabiliske produktionsgrene, fordelt på variable omkostninger (omkostninger I), som omfatter udsæd, gødning, kemikalier, energi og indkøbte tjenesteydelser, og semi-variable omkostninger (omkostninger II), som omfatter arbejdskraft- og maskin-/inventaromkostninger. Dækningsbidrag II udtrykker det dækningsbidrag, som fremkommer ved at fratrække omkostninger I og II fra værdien af høstudbyttet (incl. biprodukter som fx halm) og

produkttilknyttede tilskud, og er således den rest, der er tilbage til afholdelse af faste omkostninger som forsikringer, ejendomsskat og jordleje.

Tabel 3.1 Omkostninger pr. ha i udvalgte vegetabiliske produktionsgrene, 2009

	Korn i alt	Raps	Sukkerroer	Græs i omdrift (grovfoder)	Vedvarende græs (grovfoder)	Energipil
Høstudbytte, hkg pr. ha	70	40	118	70,57	29,8	90
Omkostninger I	3588	4163	6645	2965	1048	1000
Omkostninger II	3839	4145	7867	3490	1739	4200
Omkostninger I+II	7427	8308	14512	6455	2787	5200
Dækningsbidrag II	-1434	-53				

Kilde: Danmarks Statistik. Produktionsgrensstatistik 2009, Jacobsen & Dubgaard (2010)

De variable og semi-variable omkostninger til produktion af sukkerroer androg i 2009 omkring 14.500 kr/ha, mens de tilsvarende omkostninger til produktion af korn, raps, omdriftsgræs og energipil androg henholdsvis 7400, 8300, 6500 og 5200 kr pr hektar. Det fremgår af tabel 3.1, at dækningsbidrag II til korn- og rapsproduktion var negativt i 2009. Tages der således udgangspunkt i regnskabstallene for 2009, er der gennemsnitligt set ikke alternativ-omkostninger forbundet med at udtage korn-arealer til nonfood biomasseproduktion. Tager man i stedet udgangspunkt i den gennemsnitlige erlagte forpagtningsafgift som udtryk for alternativ-værdien af det areal, som inddrages til biomasseproduktion, ville der derimod være tale om en positiv alternativomkostning. Ifølge Danmarks Statistiks Landbrugsregnskabsstatistik har den gennemsnitlige forpagtningsafgift pr. hektar de senere år være i størrelsesordenen 3500-5000 kr/ha. Da det ikke kan afvises, at den erlagte forpagtningsafgift i nogle tilfælde indbefatter tilskud under enkeltbetalingsordningen, kan dette tal være udtryk for en overvurdering af netto-alternativ omkostningen til jord. Men selv om forpagtningsafgifterne korrigeres for evt. enkeltbetalingstilskud, vil der stadig være tale om en positiv alternativ-værdi af jorden.

I relation til indsamling af eksterne, og hidtil uudnyttede, biomasseressourcer, som græs fra slåning af vejrabatter, grødeskæring osv., er der i modsætning til den førstnævnte biomassekilde ikke nævneværdige alternativ-omkostninger, fordi der ikke fragår produktivt landbrugsareal til produktion af disse typer biomasse. Og i det omfang, der allerede finder slåning sted, er der måske heller ikke væsentlige direkte omkostninger forbundet med indhøstning af disse typer biomasse, om end der kan være behov for en mere systematisk opsamling, transport og opbevaring af denne biomasse. Der er regnet med en omkostning på 935 kr. pr. ton biomasse, svarende til omkostningen pr ton afgrøde i vedvarende græs, jf. tabel 3.1.

Med hensyn til øget udnyttelse af husdyrgødning er der forudsat en ekstraomkostning på 200 kr. pr. ton tørstof i husdyrgødningen, til indsamling og ekstra transport.

I nedenstående tabel 3.2 er vist beregningsresultater for de sektorøkonomiske omkostninger for landbrugssektoren. Resultaterne skal fortolkes som summen af omkostninger I og II i de relevante driftsgrene (fortrinsvis raps, sukkerroer, energipil, vedvarende græs og korn). Som nævnt ovenfor er der

ikke indregnet alternativomkostninger for den anvendte landbrugsjord. Der er i beregningen heller ikke indregnet omkostninger til produktion af biomasse fra skovbrugssektoren.

Tabel 3.2. Sektorøkonomiske omkostningsresultater

Mio. kr.	BAU	Biomasse- optimeret	Miljø- optimeret
Ændret afgrødesammensætning	33	860	-584
Udnyttelse af ekstern biomasse	3081	3755	3228
Husdyrgødning	513	513	488
Omkostninger i alt	3627	5128	3132
Omkostning, kr. pr. ton biomasse-tørstof	488	372	201

I Business-as-Usual scenariet er der som nævnt ovenfor tale om relativt beskedne omlægninger af selve landbrugsproduktionen, hvor de landbrugsarealer, som frigøres af en produktivitetsvækst de kommende år, antages at kunne dyrkes med nonfood raps og energipil. Omkostningen hertil er beregnet til 33 mio. kr. årligt. Derimod skal der anvendes nogle ressourcer til at nyttiggøre hidtil uudnyttet biomasse som fx afslået græs fra vejrabatter mv. i alt ca. 3,1 mia. kr. Endelig er en øget udnyttelse af 2,38 mio. ton tørstof i husdyrgødning til raffinering beregnet til at koste 513 mio. kr. årligt. Samlet er omkostningen for landbrugssektoren i BAU scenariet beregnet til ca. 3,6 mia. kr. årligt, eller knap 500 kr. pr. ton tørstof.

I det biomasseoptimerede scenario forudsættes en lidt større udnyttelse af hidtil uudnyttede eksterne biomassekilder, og en mere omfattende omlægning af landbrugsafgrøder end i BAU-scenariet. Ekstraomkostningen forbundet med hvert af disse elementer udgør i størrelsesordenen 7-800 mio. kr. årligt, sammenlignet med BAU-scenariet, hvorfor den samlede omkostning for landbrugssektoren er beregnet til at løbe op i godt 5 mia. kr. årligt, eller knap 375 kr. pr. ton tørstof.

I modsætning til de to foregående scenarier, så er det i det miljøoptimerede scenario beregnet, at en ændret afgrødesammensætning i landbruget vil kunne give en årlig omkostningsbesparelse på 5-600 mio. kr. Samtidig giver en mindre intensiv udnyttelse af eksisterende uudnyttede biomasseressourcer samt husdyrgødning også anledning til lavere omkostninger end i det biomasse-optimerede scenario, hvorfor de samlede omkostninger i det miljø-optimerede scenario bliver på godt 3 mia. kr. årligt, eller ca. 200 kr. pr. ton biomasse. Omkostningsbesparelsen i forbindelse med afgrødeomlægningen kan især henføres til omlægning af kornarealer til energi-pil, som ifølge de anvendte beregningsforudsætninger fordrer noget lavere omkostninger pr. hektar, samtidig med at udbyttet af biomasse pr hektar er højere for pil end for korn. Det bør dog nævnes, at det datamæssige grundlag vedrørende omkostningerne til dyrkning af energipil er noget spinkelt, og derfor behæftet med en ganske betydelig usikkerhed, og det kan således ikke udelukkes, at den anførte besparelse kan være overvurderet (men kan på den anden side også være undervurderet). Hertil kommer de ovennævnte betragtninger omkring landbrugsjordens alternativ-værdi, som i tabel 3.2 er sat til 0, men hvor estimer af jordrenten på grundlag af erlagte forpagtningsafgifter ville føre til en højere estimeret omkostning pr. hektar biomasse-afgrøde.

4. Samfundsøkonomiske konsekvenser af de tre biomasse scenarier

I de samfundsøkonomiske beregninger er der bygget videre på de landbrugsmæssige omkostninger i afsnit 3, mens der er lavet et skøn for omkostningerne for skovbrugsdelen, bl.a. baseret på afsætningsprisen for træflis. Det har ikke været muligt at få detaljerede oplysninger om øvrige variable omkostninger i bioraffinaderisektoren fra eksisterende anlæg i Danmark. Disse omkostninger anslås derfor på baggrund af Bloomberg (2012), samt Larsen et.al. (2008), idet der er justeret bl.a. for en forventet produktivitetsudvikling i fremstillingen af enzymer. Omkostningerne er dermed estimeret med udgangspunkt i en ethanol teknologi, som antages at være dækkende for fremtidige anlæg hvor der bl.a. også produceres diesel og naturgas ækvivalenter.

Tabel 4.1. Bioraffineringssektorens inputefterspørgsel, Mio. kr.

	BAU	Biomasse- optimeret	Miljø- optimeret
Biomasse landbrug	3627	5128	3132
Biomasse skovbrug	377	765	460
Transport	542	1210	950
Enzymer	1323	2953	2319
Kraftvarme	488	1088	854
Energi	905	2020	1586
Øvrigt	1254	2798	2197
I alt	8516	15961	11498
--- heraf dansk efterspørgsel	7882	14545	10386

Anm: Transportomkostningerne er beregnet med udgangspunkt i Bloomberg (2012) mens de øvrige poster er anslået med udgangspunkt i Larsen et. al. (2008)

Bioraffinaderisektorens efterspørgsel efter øvrige input er fordelt på leverende sektorer ud fra forsyningssektorernes inputefterspørgsel, som disse fremgår af input-output tabellen, mens de øvrige input efterspørges fra de relevante sektorer.

Efter fordeling af inputefterspørgslen i tabel 4.1 på nationalregnskabet 130 sektorer anvendes en standard input-output model til beregning af den afledte produktion, beskæftigelse samt bruttofaktorindkomst. Resultaterne er i tabel 4.2-4.4 aggregeret til 9 hovedsektorer.

En fremtidig raffinering af den i de tre scenarier specificeret biomasse, vil kræve en produktion i den øvrige økonomi på mellem godt 14 og godt 25 mia. kr. Som tidligere nævnt er der tale om isolerede effekter, hvor en fortrængning af eksisterende produktion ikke er omfattet af analysen. Fx kan det tænkes at noget af den eksisterende fossilt baserede raffinaderiaktivitet ville falde bort, så der i stedet ville ses en øget eksport af råolie.

Tabel 4.2. Afledt produktion, mio. kr.

Sektor	BAU	Biomasseoptimeret	Miljøoptimeret
Landbrug, fiskeri og råstofudvinding	5070	7735	4827
Industri	3384	6554	4838
Energi- og vandforsyning	1420	3073	2384
Bygge og anlæg	648	1347	1026
Handel, hotel og restauration	680	1180	820
Transport, post og tele	1061	2222	1690
Finansiering og forretningsservice	1608	2865	2013
Offentlige og personlige tjenester	147	256	172
Foreninger, kultur og renovation	111	207	149
I alt	14128	25440	17918

Kilde: Egne beregninger baseret på Danmarks Statistiks input-output tabeller.

Bioraffinaderiernes efterspørgsel genererer ud over produktion også en afledt beskæftigelse. Som det fremgår af tabel 4.3, vurderes beskæftigelseseffekten at ligge mellem godt 12.000 og knap 21.000 personer i de tre scenarier. Det fremgår at mellem ca. en tredjedel og halvdelen af beskæftigelseseffekten ligger i sektoren landbrug, fiskeri og råstofudvinding (inklusive skovbrug). Det skal igen erindres, at der er tale om isolerede effekter fra bioraffinaderiernes efterspørgsel. I det omfang at der sker produktionstilpasninger i fx landbrugets produktion vil beskæftigelseseffekten være mindre.

Tabel 4.3. afledt beskæftigelse, antal personer.

Sektor	BAU	Biomasseoptimeret	Miljøoptimeret
Landbrug, fiskeri og råstofudvinding	5978	8897	5448
Industri	1842	3558	2623
Energi- og vandforsyning	399	857	663
Bygge og anlæg	421	863	653
Handel, hotel og restauration	823	1455	1020
Transport, post og tele	879	1842	1401
Finansiering og forretningsservice	1607	2865	2016
Offentlige og personlige tjeneste	246	420	276
Foreninger, kultur og renovation	112	208	149
I alt	12306	20965	14249

Kilde: Egne beregninger baseret på Danmarks Statistiks input-output tabeller.

Bioraffinaderiernes inputefterspørgsel fører endvidere til en afledt indkomstskabelse i den øvrige økonomi. Af tabel 4.4 fremgår det, at de tre scenarier kan føre til en afledt stigning i bruttofaktorindkomst på mellem 5,9 og 10,8 mia. kr. Som for beskæftigelsen skabes den største indkomst-effekt også her i landbrug, fiskeri og råstofudvinding. Dog er det relative bidrag noget mindre end det, der er gældende for beskæftigelsen.

Tabel 4.4 Bruttofaktorindkomst, mio. kr.

Sektor	BAU	Biomasseoptimeret	Miljøoptimeret
Landbrug, fiskeri og råstofudvinding	2042	3235	2062
Industri	1092	2164	1615
Energi- og vandforsyning	803	1743	1354
Bygge og anlæg	191	396	301
Handel, hotel og restauration	331	571	396
Transport, post og tele	434	907	689
Finansiering og forretningsservice	879	1559	1093
Offentlige og personlige tjeneste	101	176	117
Foreninger, kultur og renovation	57	107	77
I alt	5929	10859	7705

Kilde: Egne beregninger baseret på Danmarks Statistiks input-output tabeller.

5. Diskussion og perspektiver

De tre biomassescenarier opstillet af Aarhus Universitet og Københavns Universitet angiver, at der kan skaffes mellem knap 5 og godt 11 mio. tons biomasse årligt fra landbruget og skovbruget. Værdien af producent anslå til mellem 3,1 og 5,1 mia. kr. I en fremtidig biomassesektor vil biomassen indgå som input sammen med en række andre input, til fremstilling af bl.a. ethanol, biodisel og gas.

Efterspørgslen vil afstedkomme en afledt produktion på mellem 14 og 24 mia. mia. kr.

Beskæftigelseseffekten vurderes at ligge mellem ca. 12.000 og 21.000 personer i de tre scenarier. Den afledte produktion fører til en afledt indkomstskabelse. Effekten på bruttofaktorindkomsten ligger således mellem knap 6 og knap 11. mia. kr.

De økonomiske beregninger præsenteret ovenfor er baseret på til rådighed værende data og økonomiske modelværktøjer, og vurderes at give et nogenlunde retvisende billede af de økonomiske størrelsesordener på en væsentlig forøgelse af landbrugets og skovbrugets biomasseproduktion til raffinering. Men det bør også nævnes, at på grund af bl.a. begrænsninger i datamaterialet, samt tidsmæssige begrænsninger, er der tale om forholdsvis forenklede beregninger på nogle punkter.

For det første bygger de sektorøkonomiske beregninger på en forudsætning om, at det vil være muligt at finde landbrugsarealer, hvor den nuværende landbrugsdrift ikke giver et væsentligt afkast til jorden, men hvor det er muligt at producere biomasse-afgrøder. Selv om der formentlig er miljøfølsomme landbrugsarealer, hvor rentabel dyrkning af salgsafgrøder som fx korn er vanskelig uden samtidig at være relativt miljøbelastende, så må de beregnede sektorøkonomiske omkostninger betragtes som et underkantsskøn, hvis der skal tages hensyn til, at landbrugsjorden ville kunne give et afkast i alternative anvendelser.

De betragtede scenarier er principielt tænkt som forskellige bud på land- og skovbrugsproduktionen frem mod 2020, og de økonomiske beregninger bør derfor principielt også beskrive de økonomiske konsekvenser i et 2020 setup, hvor der bl.a. tages hensyn til fremtidige prisforhold, bedriftsstruktur, landbrugspolitik og

miljøreguleringer. Det har imidlertid ikke indenfor rammerne af nærværende projekt været muligt at foretage systematiske fremskrivninger af disse forhold, hvorfor beregningerne tager udgangspunkt i data for 2009. I forhold hertil må dansk landbrug i 2020 forventes at være præget af en fortsat strukturudvikling i retning af færre og større bedrifter, hvor landbrugspolitikken vil være præget af en større grad af kobling af landbrugsstøtten med forskellige krav til miljø- og naturpleje og hvor miljøreguleringer vil lægge stadigt flere begrænsninger på arealanvendelsen og landbrugsproduktionen. Nogle af disse forhold kan være med til at forskyde den økonomiske balance mellem produktion af biomasseafgrøder som fx energipil på den ene side og traditionel afgrødeproduktion, fx korn, på den anden side.

Beregningerne er forholdsvis partielle og statiske og tager fx ikke hensyn til, bl.a. hvorledes de pågældende scenarier indirekte påvirker omkostningerne i grovfoder- og dermed i husdyrproduktionen, og hvordan scenarierne vil påvirke de øvrige produktion og produktionskapacitet i bl.a. raffinaderisektoren og forsyningssektoren. En forøgelse af land- og skovbrugets biomasseproduktion på op mod 10 mio. tons årligt vil sandsynligvis medføre en række tilpasninger, som det ikke har været muligt at undersøge i nærværende projekt - dels omstillinger indenfor landbruget, men også mere overordnede samfundsmæssige omstillinger. Indenfor landbruget vil en sådan produktionsomlægning fx kunne betyde, at sammensætningen af bedriftenes øvrige afgrødeproduktion genovervejes under hensyntagen til bl.a. sædskifte og tilrettelæggelse af såning, høst osv., ligesom indpasning af biomasseproduktion på bedrifterne eller nye muligheder for forædling af husdyrgødningen kunne medføre tilpasninger af husdyrproduktionen på disse bedrifter.

Som nævnt viser resultaterne de isolerede effekter af en fremtidig bioraffineringssektor i Danmark. Analysen medtager således ikke de fremtidige tilpasninger i den øvrige økonomi som følge af en øgede konkurrence på markedet for arbejdskraft og kapitalgoder. Input-output analysen medtager heller ikke eventuelle substitutionseffekter som følge af den stigende produktion af biobaseret produkter. Resultaterne skal således opfattes som bruttostørrelser.

En væsentlig forsyning af biomasse til raffinaderisektoren vil kunne medføre tilpasninger i denne sektors råvareforbrug, fx gennem påvirkning af sektorens efterspørgsel efter råolie eller ved at raffinerede biomasseprodukter fortrænger andre former for produkter og halvfabrikata i bioraffinaderiernes aftagersektorer.

Da det ikke har været muligt at fremskaffe troværdige data for kapital- og arbejdskraftsbenyttelse har det ikke været muligt at inkludere beskæftigelse og indkomstskabelsen fra selve bioraffinaderisektoren. Derfor har det heller ikke været muligt at analysere rentabiliteten af en fremtidig bioraffinaderisektor samt dens afhængighed af afsætningspriser og eventuelle subsidier.

Fremskaffelse af troværdige data for anvendelsen af kapital og arbejdskraft vil muliggøre en eksplicit modellering af bioraffineringssektoren i fx en CGE model for den samlede danske økonomi. Dette vil potentielt muliggøre analyser hvor produktionen fra bioraffinaderierne konkurrer med fossilt baseret sektorer, ligesom betydningen af salgspriser og eventuelle subsidier kan vurderes. Ligeledes kan effekten for Danmarks udledning af drivhusgasser analyseres, hvor der eksplicit tages hensyn til tilpasninger i den øvrige økonomi. Det vil således være muligt at beregne "nettoeffekten" for dansk økonomi.

Så selv om de fremlagte beregninger skønnes at give et nogenlunde retvisende billede af de økonomiske størrelsesordener i relation til en væsentlig forøgelse af biomasseproduktionen i Danmark, så peger undersøgelsen også på en række uløste problemstillinger og spørgsmål. En forskningsbaseret besvarelse af disse spørgsmål vil kunne bidrage med viden om, hvordan en så væsentlig stigning i land- og skovbrugets biomasseproduktion vil kunne indpasses så omkostningseffektivt som muligt, såvel i de direkte berørte sektorer som i samfundet som helhed.

Referencer

Bentsen N. S., Johannsen V. K., Nord-Larsen T., Riis-Nielsen T., Suadican K. (2012) BAGGRUNDSNOTAT: Oversigt over nuværende skov- og affaldsbiomasse, samt potentialer i 2020. Skov & Landskab, Det Natur- og Biovidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet.
http://www.foi.life.ku.dk/Publikationer/specielle_FOI-udgivelser/~media/Foi/docs/Publikationer/Rapporter/Eksterne%20rapporter/ti_mio_tons_plan/BPS4.ashx

Bloomberg (2012): "Moving Towards a Next-Generation Ethanol Economy", Bloomberg New Energy Finance January 2012. <http://bnef.com/WhitePapers/view/60>

Dale B.E. & Kim S. (2006) [Biomass refining global impact—the biobased economy of the 21st century](#), kapitel 2 i Kamm B., gruber P.R. & Kamm M. (eds) Biorefineries Industrial Processes and Products: Status Quo and Future Directions, Wiley
(<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9783527619849.ch2/summary>)

Gylling M., Jørgensen U. & Bentsen N.S. (2012): + 10 mio. tons planen – muligheder for en øget dansk produktion af bæredygtig biomasse til bioraffinaderier, Frederiksberg, 2012. 32 s. ill.

Jacobsen B. & Dubgaard A. (2010) Incitamenter til øget pileydyrkning i Danmark, notat udarbejdet d. 15. oktober 2010

Jacobsen, Lars-Bo (1996): "En landbrugsspecifik input-output tabel for dansk økonomi", Fødevarerøkonomisk Institut.

Khanna M., Scheffran J. & Zilberman D. (2010) Handbook of Bioenergy Economics and Policy, Natural Resource Management and Policy, 2010, Volume 33, Part 1, 3-13, DOI: 10.1007/978-1-4419-0369-3_1 (<http://www.springerlink.com/content/978-1-4419-0368-6/#section=616897&page=10>)

Larsen et. al. (2008): "The IBUS Process – Lignocellulosic Bioethanol Close to Commercial Reality", Chemical Engineering & Technology, Volume 31, Issue 5, pages 765–772, May, 2008, WILEY-VCH Verlag.

OECD (2009) case study on "Metrics to Support Informed Decision-making for Consumers of Bio-based Products" (<http://www.oecd.org/dataoecd/37/48/42400999.pdf>)

Appendiks A. Input-output modelberegninger

Beregningerne af det rekreative fiskeris betydning for indkomst, beskæftigelse og produktion tager udgangspunkt i en input-output model for dansk økonomi. Modellens datagrundlag er en input-output tabel for Dansk økonomi opstillet med koefficientmatricer.

Fra \ Til	Erhverv	Endelig anvendelse i alt	I alt
Fra:			
Erhverv	A (130x130)	e (130x1)	g (1x130)
Primære faktorer	B (6x130)	y (6x1)	
I alt	g' (130x1)		
Beskæftigelse, antal pr. 1.000 kr. produktion	L (130x1)		

Hvor:

- g En vektor af produktionsværdier for de enkelte erhverv
- A En koefficient-matrice beregnet ved division af de enkelte input i hvert erhverv med erhvervets produktionsværdi
- B En koefficient matrice for primære faktorinput beregnet ved division af erhvervenes input af primære faktorer med erhvervets produktionsværdi
- y En matrice for endelig anvendelse af primære faktorinput
- e En vektor for endelig anvendelse i alt. Dvs. summen af de enkelte erhvervs leverancer til privat og offentlig konsum, investeringserhverv, lagerændringer samt eksport

Der kan nu opstilles en input-output model, der beregner den sektor-fordelte produktion for en given endelig anvendelse. Det antages således, at erhvervenes leverancer til endelig anvendelse i alt er eksogene, mens produktionsværdien modelberegnes. Tages udgangspunkt i tabellen ses følgende sammenhæng at gælde

$$g = \mathbf{A} * g + e \quad (1.1)$$

Isoleres g på venstre siden, fås et udtryk, hvor produktionsværdien afhænger af den endelige anvendelse og koefficientmatricen A

$$\begin{aligned}
 g - \mathbf{A} * g &= e \Rightarrow \\
 (\mathbf{I} - \mathbf{A}) * g &= e \Rightarrow \\
 g &= (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} * e
 \end{aligned} \quad (1.2)$$

Hvor I er en enhedsmatrice af rette dimension. I input-output litteraturen kaldes $(I - A)^{-1}$ *den inverterede matrice*. En søjle i matricen, svarende til et erhverv, angiver de direkte og indirekte krav til produktionen i erhvervet selv og de øvrige erhverv for hver enhed produktion, erhvervet leverer til endelig anvendelse.

Med udgangspunkt i tabellen kan der ligeledes opstilles et matriceudtryk for det samlede krav til indsats af primære faktorer for en given sektorfordelt produktion

$$y = B * g \quad (1.3)$$

Indsættes det beregnede udtryk for produktionen for en given endelig anvendelse, fås det samlede krav til indsatsen af primære faktorer for denne endelig anvendelse

$$Y = B * (I - A)^{-1} * e \quad (1.4)$$

Endelig kan den sektorfordelte beskæftigelse for given endelig anvendelse findes ved

$$BESK = L^{diag} * (I - A)^{-1} * e \quad (1.5)$$

Hvor L^{diag} er en 130x130 matrice med koefficientmatricen for beskæftigelse opstillet i diagonalen og ellers ligger nuller.

I relation til en fremtidig bioraffineringsindustri er det nu muligt at måle raffinaderisektorens betydning på centrale samfundsøkonomiske størrelsesordner. Den beregnede fordeling af bioraffinaderisektorens inputefterspørgsel lægges ind i den endelige anvendelsesvektor e hvorefter bioraffineringssektorens betydnings for produktionen i alle erhverv beregnes gennem (1.2), mens værditilvækst og indkomstdannelse beregnes gennem (1.4) og endelig beregnes beskæftigelseseffekten ved (1.5).